

## Verfahren zur Ermittlung der Polradlage einer elektrischen Maschine.

5

### Technisches Gebiet

Die Erzeugung der elektrischen Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt heute üblicherweise durch Klauenpolgeneratoren. Diese elektrischen Maschinen sind als  
10 Drehstrommaschinen über eine Dioden-Gleichrichter-Brücke mit dem Bordnetz des Kraftfahrzeuges verbunden. Das Bordnetz des Kraftfahrzeuges ist heute üblicherweise ein Gleichspannungsnetz. Die Generatoren werden so dimensioniert, daß sie bereits beim Motorleerlauf einer Verbrennungskraftmaschine die geforderte elektrische Leistung bereitstellen  
15 können.

### Stand der Technik

Durch die zunehmende Ausstattung von Kraftfahrzeugen mit elektrischen Verbrauchern wie elektrischen Sitzverstellungen und Sitzlehnenverstellungen,  
20 einer elektrischen Betätigung von Glashub- oder Glasschiebedächern sowie Fensterhebern und dergleichen, werden die Anforderung an die Bereitstellung ausreichender elektrischer Leistung immer höher. Um die erwartete Leistungssteigerung auch in Zukunft sicher abdecken zu können, existieren  
25 Überlegungen, die Generatoren, ausgestaltet als Klauenpolgeneratoren mit einem Puls-Wechsel-Richter auszustatten, um bereits bei geringeren Drehzahlen wie etwa der Motorleerlaufdrehzahl, die geforderte Leistung bereitzustellen.

Insbesondere während der Startphase wird von der elektrischen Maschine  
30 Drehstromgenerator mit Puls-Wechsel-Richter gefordert, daß sie bereits dann das maximal mögliche Drehmoment an ihrer Welle aufbringt. Dies ist jedoch nur

dann möglich, wenn die Anfangslage des Läufers bekannt ist. In der Regel wird bei heute eingesetzten Klauenpolgeneratoren ein Polradgeber eingesetzt. Neben dem Einsatz des Polradgebers kann die Anlaufage des Polrades auch durch einen Beobachter ermittelt werden. In beiden Fällen, sowohl beim Einsatz eines  
5 Beobachter als auch bei Einsatz eines Polradgebers, sind Informationen zum Anfangswert des Polradgebers unerlässlich.

#### Darstellung der Erfindung

10 Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren ist es möglich, durch eine Verzweigungsstelle zwei sich einstellende Wechsellspannungsverläufe aufzunehmen. An der Verzweigungsstelle der Meßschaltung kann in zwei Spannungsstränge, verzweigt werden, die jeweils eine Wechsellspannungsquelle enthalten. Die Wechsellspannungsquelle erzeugt zeitlich veränderliche  
15 Spannungsverläufe beispielsweise sinusförmige Spannungsverläufe in den jeweiligen Spannungssträngen der elektrischen Maschine.

Durch Ausmessung des Spannungsverlaufes in einer ersten Position eines Schaltelementes und Ausmessung des Spannungsverlaufes in einer zweiten  
20 Position eines Schaltelementes läßt sich, da jeweils bekannt ist im welchem Strang gemessen wird, die exakte Position des Läufers und damit des Polrades ermitteln. Die Überlagerung der sich in den jeweiligen Spannungssträngen einstellenden Spannungsverläufe vermeidet eine Belegung eines Spannungswertes  $u_c$  mit zwei Läuferpositionen, wie dies unzulänglicherweise bisher der Fall war.

25

Es ist unerheblich, ob bei der elektrischen Maschine der Ständer in Sternschaltung oder in Dreieckschaltung geschaltet ist. Die einzelnen sich in den Strängen einstellenden Spannungsverläufe können in tabellarischer Form abgelegt werden und lassen sich für ähnliche elektrische Maschinen wieder anwenden. Damit  
30 lassen sich der Einsatz eines Polradgebers sowie die sich aus dessen Einsatz ergebenden Kosten vermeiden. Trotz Fehlen des Polradgebers ist mit dem

erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren die Lage des Läufers so genau feststellbar, daß beim Start des Drehstromgenerators das maximal mögliche Drehmoment an dessen Welle anliegt.

5 Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Es zeigt:

10

Fig. 1 die Schaltung ausgeführt in Sternschaltung mit Wechselspannungsquelle,

Fig. 2 der sich einstellende, mehrdeutige Spannungsverlauf  $u_C$ , aufgetragen über die Läuferposition, wiedergegeben in Winkelgraden,

15

Fig. 3 eine Sternschaltung mit Verzweigungsstellen in ihren Spannungsstränge, die jeweils eine Wechselspannungsquelle enthalten,

20

Fig. 4 die über der Läuferposition in Winkelgeraden aufgetragenen Spannungsverläufe  $u_C$  und  $u_R$  und

Fig. 5 der Drehstromgenerator mit der Schaltung gemäß Fig. 3 mit in Dreieckschaltung ausgeführtem Ständer.

25 Ausführungsvarianten

Fig. 1 zeigt die Schaltung einer elektrischen Maschine, beispielsweise eines Drehstromgenerators in Sternschaltung mit Wechselspannungsquelle.

30 Ein Drehstromgenerator 1, gemäß Fig. 1 nur schematisch mit Läufererregung 2 und Ständerinduktionswicklungen 4.1, 4.2 und 4.3 dargestellt, ist an seinen

Klemmen 5 mit einer Meßschaltung versehen. Die Klemmen 5 der Spannungsstränge a, b und c sind bis auf den Strang c stromführend. Zwischen den Klemmen a, b ist eine Wechselspannungsquelle enthalten, die einen zeitveränderlichen Spannungsverlauf, so zum Beispiel einen sinusförmigen Spannungsverlauf  $u = u_0 \sin(\omega t)$  erfolgt.

Die die einzelnen Spannungsstränge der Meßschaltung jeweils mit den Ausgangsklemmen 5 des Drehstromgenerators 1 verbindenden Klemmen sind mit a, b und c bezeichnet.

10

Aus Fig. 2 geht der sich einstellende, mehrdeutige Spannungsverlauf  $u_c$  hervor, aufgetragen über der Läuferposition wiedergegebenen Winkelgraden.

Im Diagramm gemäß Fig. 2 ist eine halbe Läuferumdrehung 11 sich erstreckend von  $0^\circ$  Drehwinkel bis  $180^\circ$  Drehwinkel wiedergegeben. Der sich einstellende Spannungsverlauf  $u_c$ , identifiziert mit Bezugszeichen 9, beschreibt eine Sinusschwingung. Für einen bestimmten Wert von beispielsweise 2 V lassen sich zwei Läuferpositionen 11, nämlich etwa  $50^\circ$  und  $160^\circ$  Drehwinkel des Läufers identifizieren, wodurch die Polradlage nicht eindeutig ist.

20

Aus diesem beispielhaft herausgegriffenen Wertpaar läßt sich ableiten, daß aus einer diskreten Spannung  $U_c$  zwei Läuferlagen hervorgehen, die eine eindeutige Zuordnung der tatsächlichen Läuferlage zur gemessenen Spannung nicht zulassen.

25

Demgegenüber ist in Fig. 3 eine Drehstrommaschine mit ständerseitiger Sternschaltung vorgesehen sowie mit zwei dem Ständer nachgeordneten einzelnen Schaltkreisen.

30 Aus der Darstellung gemäß Fig. 3 geht hervor, daß der Drehstromgenerator 1 eine Läufererregung 2 enthält, die zwei Anschlußklemmen aufweist. Die einzelnen

Ständerwicklungspakete des Ständers 4 des Drehstromgenerators 1 sind mit Bezugszeichen 4.1, 4.2 und 4.3 bezeichnet. Ausgangsseitig der Drehstrommaschine sind analog zur Darstellung gemäß Fig. 1 Klemmen 5 vorgesehen, die mit den Buchstaben a, b und c bezeichnet sind.

5

In den von den einzelnen Klemmen 5 ausgehenden Spannungssträngen sind gemäß der vorgeschlagenen Erfindung Schaltelemente 15 bzw. 16 integriert. Im in Fig. 3 dargestellten Schaltzustand kontaktieren die Schaltelemente 15 bzw. 16 in Position 15.1 bzw. 16.1 die Anschlußklemmen eines innen liegenden Spannungsstranges 13, in welchem eine Wechselspannungsquelle (vergleichbar mit der Wechselspannungsquelle 7 gemäß Fig. 1) aufgenommen ist. Im in Fig. 3 wiedergegebenen Zustand, der der Schaltposition 15.1 entspricht, wird die Meßspannung im Spannungsstrang 13 gemessen.

15 Die Schaltelemente 15 bzw. 16 nehmen neben ihrer ersten Schaltposition 15.1 bzw. 16.1 auch eine zweite Schaltposition, identifiziert durch die Bezugszeichen 15.2 und 16.2 ein. In dieser zweiten Schaltposition kontaktieren die Schalterstege die Anschlußklemmen eines äußeren Spannungsstranges 14, der analog zum inneren Spannungsstrang 13 ebenfalls eine Wechselstromquelle enthält. Wird im inneren Spannungsstrang 13 der zeitliche Verlauf einer Spannung  $u_R$  (Spannungsverlauf 18) gemessen, so sind die Schaltelemente 15 bzw. 16 in ihren ersten Schaltpositionen, bezeichnet mit Bezugszeichen 15.1 bzw. 16.1 geschaltet, so daß die Ständerwicklungen 4.1, 4.2, 4.3 über die Klemmen 5 a, c mit der Meßschaltung verbunden sind.

25

In diesem Zustand sind die Anschlüsse 15.2 bzw. 16.2 des äußeren Spannungsstranges 14 stromlos.

Befinden sich der erste Schalter 15 bzw. der zweite Schalter 16 in den mit 15.2 bzw. 16.2 bezeichneten zweiten Schaltpositionen, so ist der innere Spannungsstrang 13 nicht mit den Ausgangsklemmen 5a) bzw. 5c) des Ständer

30

des Drehstromgenerators verbunden, sondern der äußere Spannungsstrang 14. Dadurch kann eine Messung der an der Wechselstromspannungsquelle abfallenden Spannung  $u_C$ , auch gekennzeichnet mit Bezugszeichen 17, erfolgen. Aus den mit der in Fig. 3 dargestellten Meßschaltung ermittelbaren  
5 Spannungsverläufen 17 bzw. 18 bzw.  $u_R$  und  $u_C$  lassen sich die Spannungsverläufe in den beiden Zweigen in definierten Zuständen messen.

In der Darstellung gemäß Fig. 4 sind die sich am äußeren Spannungsstrang 14 bzw. am inneren Spannungsstrang 13 einstellenden Spannungsverläufe  
10 wiedergegeben.

In Fig. 4 ist der sich einstellende Spannungsabfall über der Läuferposition 11 wiedergegeben. Aus dem Diagramm geht hervor, daß in Bezug auf die Läuferposition 11 der Spannungsverlauf 18  $u_R$  dem Spannungsverlauf  $u_C$  mit  
15 Bezugszeichen 17 gekennzeichnet um  $60^\circ$  nacheilt. Damit die Aufnahme der Meßspannungen mit der Meßschaltung gemäß Fig. 3 jeweils genau definiert ist, in welchem der Spannungsstränge 13 bzw. 14 welcher Spannungsverlauf 17 bzw. 18 abgegriffen wird, läßt sich aus der überlagerten Darstellung der beiden Spannungsverläufe jeweils einer der Spannungsverläufe  $u_C$  bzw.  $u_R$  genau eine  
20 Läuferposition 11 zuordnen. Eine tabellarische Zuordnung der jeweiligen Spannungswerte für die Spannungsabfälle  $u_C$  bzw.  $u_R$  in tabellarischer Form ermöglicht eine direkte Zuordnung der jeweiligen Läuferposition bzw. des Polrades einer elektrischen Maschine in Gestalt eines Drehstromgenerators zum jeweils ermittelten Spannungswert. Dadurch läßt sich die Ausstattung einer  
25 elektrischen Maschine wie eines Drehstromgenerators 1 mit einem Polradlagegeber vermeiden. Aus der tabellarischen Zuordnung der jeweiligen Läuferposition 11 in Bezug auf die in den Spannungssträngen 13 bzw. 14 jeweils gemessenen Spannungsverläufe  $u_C$ , Bezugszeichen 17 oder  $u_R$ , Bezugszeichen 18, lassen sich die jeweiligen Spannungsverläufe  $u_C$  bzw.  $u_R$  und die entsprechende  
30 Läuferposition auch für andere elektrische Maschinen bestimmen. Dadurch kann in tabellarischer Form eine Zuordnung der Spannungsverläufe zur Läufer- bzw.

Polradwinkellage erzielt werden, die eine Aussage über die Polradlage und damit über die während der Startphase der elektrischen Maschine zur Verfügung stehende elektrische Leistung im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges zuläßt. Die mittels der gemäß Fig. 3 dargestellten Meßschaltung gewonnene Information von  
5 Zuordnung zur Polradlage zu Spannungsverläufen läßt somit einen Verzicht auch an ähnlich konfigurierten elektrischen Maschinen zu, so daß theoretisch eine aufgenommene Meßreihe ausreicht, um an sämtlichen elektrischen Maschinen wie beispielsweise Drehstromgeneratoren 1, die nach dem Klauenpolprinzip aufgebaut sind, die Polradgeber überflüssig zu machen und damit Kosten  
10 einzusparen.

Die Darstellung gemäß Fig. 5 zeigt einen Drehstromgenerator mit der Meßschaltung gemäß Fig. 3 wobei der Ständer dieser elektrischen Maschine 1 in Dreieckschaltung geschaltet ist.

15 Die lediglich in schematischer Form wiedergegebene elektrische Maschine, beispielsweise ein Drehstromgenerator, verfügt über eine Läufererregung 2, deren Erregerstrom an den Klemmen 3 eingespeist wird. Der Ständer 4 der elektrischen Maschine gemäß Fig. 5 ist in Dreieckschaltung ausgeführt, wobei der Ständer 4  
20 drei Wicklungen 20, 21 bzw. 22 umfaßt. Analog zu in Fig. 3 wiedergegebenen Ausführungsform werden die Spannungen an den drei den Drehstromgenerator 1 verlassenden Leitern gemessen. Analog zu in Fig. 3 konfigurierten Meßschaltung ist in der Schaltung gemäß Fig. 5 ein äußerer Spannungsstrang 14 bzw. ein innerer Spannungsstrang 13 wiedergegeben. Der innere Spannungsstrang 13 enthält eine  
25 Wechselstromquelle 7, die einen zeitveränderlichen Spannungsverlauf beispielsweise in Gestalt einer sinusförmigen Spannung appliziert. Die Enden des inneren Spannungsstranges 13 sind jeweils mit den Klemmen 15.1 bzw. 16.1 ausgestattet, die gleichzeitig eine erste Schaltposition der vorgelagerten Schalter 15 bzw. 16 definieren. In analoger Ausführung des äußeren Spannungsstranges 14  
30 enthält dieser ebenfalls eine zeitveränderliche Spannung erzeugende Spannungsquelle 7 und ist an seinen Enden ebenfalls mit zweite Schaltpositionen

definierenden Klemmen 15.2 bzw. 16.2 ausgestattet. Die Schaltelemente, die in den Klemmensträngen a bzw. c des Drehstromgenerators 1 enthalten sind, lassen sich von einer ersten Schaltposition 15.1 bzw. 16.1 mit dem inneren Spannungsstrang 13 verbinden während die Verbindung des Schaltelementes 15  
5 bzw. 16 zu den in den zweiten Schaltpositionen 15.2 bzw. 16.2 die Verbindung zu dem äußeren Spannungsstrang 14 darstellt. Die mit dieser Meßschaltung sich einstellende Spannungsverläufe in dem inneren Spannungsstrang 13 bzw. dem äußeren Spannungsstrang 14 lassen sich der Darstellung gemäß Fig. 4 in analoger Weise entnehmen, indem die Spannungsverläufe 17 bzw. 18,  $u_C$ ,  $u_R$  über der  
10 Läuferposition 11 aufgetragen sind.

Gängige Werte für eine gemäß der vorliegenden Erfindung durchgemessene elektrische Maschine in Gestalt eines Drehstromgenerators sind dem Ankerstrom  $i_a$  von  $50 \text{ A} \times \sin(\omega t)$  mit  $\omega = 10.000 \text{ s}^{-1}$ . Der dazugehörige Feldstrom  $i_f$  beträgt 0  
15 Ampère, wobei die Längsinduktivität  $l_d$   $70 \mu\text{H}$  beträgt. Die Ermittlung der Läuferposition ist unabhängig von der Größe des Erregerstromes im Erregerkreis und kann damit auch ohne Bestromung der Erregerspule erfolgen. Ferner ist unerheblich, ob die Ständerwicklung 4 der elektrischen Maschine 1 in Sternschaltung mit in Stern geschalteten Induktivitäten 4.1, 4.2 bzw. 4.3 gemäß  
20 Fig. 3 geschaltet ist oder ob die Ständerschaltung als Dreieckschaltung mit im Dreieck geschalteten Wicklungen 20, 21, 22 versehen ist.



Bezugszeichenliste

	1	Drehstromgenerator
	2	Läufererregung
	3	Klemmen
5	4	Ständer
	4.1	Wicklungspaket
	4.2	Wicklungspaket
	4.3	Wicklungspaket
	5	Klemme
10	6	Ankerstrom
	7	Wechselstromquelle
	8	Feldstrom
	9	Spannungsabfallkondensator
	10	Spannungsverlauf $u_c$
15	11	Läuferposition
	12	Spannungsverlauf $0^\circ$ bis $180^\circ$
	13	Spannungsstrang
	14	Spannungsstrang
	15	erster Schalter
20	15.1	Schalterposition 1
	15.2	Schalterposition 2
	16	zweiter Schalter
	16.1	Schalterposition 1
	16.2	Schalterposition 2
25	17	Spannungsverlauf $u_c$
	18	Spannungsverlauf $u_R$
	19	Ständer Dreieckschaltung
	20	Wicklungssegment
	21	Wicklungssegment
30	22	Wicklungssegment
	23	Generatorklemmen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Polradlage an elektrischen Maschinen (1),  
5 beispielsweise Drehstromgeneratoren mit Puls-Wechsel-Richtern, einer  
Läufererregung (2) und einen mit Induktivitäten (4.1, 4.2, 4.3); (20, 21, 22)  
versehenen Ständer (4) und einer Spannungsquelle (7) zwischen zwei  
Strangklemmen (5), dadurch gekennzeichnet, daß mittels Schaltelementen  
10 (15, 16) in zwei Stränge (13, 14) verzweigt werden kann, in denen die  
jeweiligen Strangspannungsverläufe (17 bzw. 18) gemessen werden, deren  
Überlagerung eine eindeutige Bestimmung der Polradlage (11) ermöglicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die  
Spannungsquelle (7) eine Wechselspannungsquelle mit zeitveränderlichem  
15 Spannungsverlauf (12; 17, 18) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die  
Spannungsquelle (7) eine Wechselspannungsquelle mit sinusförmigen  
Spannungsverlauf (12; 17, 18) ist.  
20
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungen  
(4.1, 4.2, 4.3) des Ständers (4) in Sternschaltung geschaltet sind.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungen  
25 (20, 21, 22) des Ständers (4) in Dreieckschaltung geschaltet sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in der ersten  
Schalterposition (15.1 bzw. 16.1) der Spannungsverlauf (18)  $u_R$  in einem  
inneren Strang (13) gemessen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Schalterposition (15.2, 16.2) der Spannungsverlauf (17)  $u_c$  im äußeren Spannungsstrang (14) gemessen wird.
- 5
8. Verfahren nach den Ansprüchen 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Läuferposition (11) für jeden der Spannungsverläufe (17, 18) tabellarisch abgelegt und auf ähnliche elektrische Maschinen (1) übertragbar ist.
- 10
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während der Startphase des Drehstromgenerators (1) die Läufer bzw. Polradlage derjenigen Läufer bzw. Polradlage entspricht, in der das Aufbringen des maximal möglichen Drehmomentes auf die Abtriebswelle der elektrischen Maschine (1) möglich
- 15
- ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Ermittlung der Polradlage an  
5 elektrischen Maschinen (1), wie beispielsweise Drehstromgeneratoren mit Puls-  
Wechsel-Richtern. Diese umfassen eine Läufer-Erregung (2) und eine mit  
Induktivitäten (4.1, 4.2, 4.3 bzw. 20, 21, 22) versehenen Ständer (4).  
Ständerausgangsseitig ist zwischen zwei Stehklemmen (5) eine  
Wechselstromquelle (7) aufgenommen. Mittels erster und zweiter Schaltelemente  
10 (15, 16) kann in zwei Stränge (13 bzw. 14) verzweigt werden, in denen die  
jeweiligen Strangspannungsverläufe (17, 18) gemessen werden, aus deren  
Überlagerung eine eindeutige Bestimmung der Läufer bzw. Polradlage (11)  
ermöglicht.

15

(Fig. 4)

[illegible][illegible]

